

19世紀物理学とその実験的研究の展開 -理論と実験 の関係をめぐる科学史論的試論-

著者	高橋 智子
号	2
学位授与番号	2
URL	http://hdl.handle.net/10097/36872

たか はし とも こ
高 橋 智 子

学位の種類 博士（国際文化）

学位記番号 国 第 2 号

学位授与年月日 平成13年10月26日

学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当

最終学歴 昭和60年3月
茨城大学大学院理学研究科修士課程

学位論文題目 19世紀物理学とその実験的研究の展開
— 理論と実験の関係をめぐる科学史論的試論 —

論文審査委員 （主査）
教授 井 原 聰 教授 佐 竹 正 夫
助教授 重 野 芳 人
教授 吉 田 忠
（東北アジア研究センター）

論文内容の要旨

〔問題の所在〕

科学史研究が対象とする分野は今日の科学技術の展開とそのあり方の多様性を反映して拡大の一途を辿っている。対象分野が拡大してきたとはいえ、依然として、自然科学を総合的に扱う科学史通史や分野ごとに扱う個別学説史はもっとも一般的な研究分野といえよう。個別学説史は自然科学理論の発展過程をその内部から検討するもので「知の歴史」（intellectual history）あるいは内的科学史（internal history of science）と呼ばれることがある。また科学史通史は自然科学を総合的にあつかったり、科学研究制度や制度的基盤の問題を扱うので「外的科学史」（external history of science）と呼ばれることがある。

自然科学を総合的に取り扱う科学史通史としての「科学史研究」は今日の科学技術の展開とそのあり方の多様性を反映して、方法論的にも種々な議論を呼んできている。それは、科学史の方法論としてだけでなく、科学哲学や科学社会学、知識社会学などの議論とも深く関わる問題を内包し

ており、科学、技術と社会のインターフェースの問題視点から科学技術政策論的にも論じられるようになり、内的・外的科学史のような問題の立て方自体が時代遅れだとする見方も出ている。

近年、欧州連合第12総局（Science, Technology and Innovation）では European Association of Studies of Science and Technology (EASST) を組織し、Society for Social Studies of Science (4S) による国際的な議論を進めるようになってきている。さらに Science, Technology and Society (STS) などによる科学、技術と社会の関わりの議論は内的・外的の議論を越えて展開している側面もある。一方、アメリカにおける高エネルギー物理学をめぐる SST 問題やサイエンス・ウォーズと評される最近の論争も上述の変化の脈絡の中でとらえることもできる。

しかし、科学、技術と社会のインターフェースや STS の議論の中に科学史としての史実とその評価までがなくなってしまったわけではない。むしろふんだんに「科学史的事実」が引用されている。「科学史的事例」の引用に当たっては歴史科学的評価と検証にもとづく細心の注意が必要であることは言をまたない。ところが誤解を恐れずに言えば、こうした議論の狙上に乗せられる「科学史的事実」は、論者の主張に合わせていわば都合よく「仕立てられた」ものが少なくなく、「歴史事実」としては受け入れがたい難点をもつことがある。「科学史研究」への新しい視点の指摘は重要であるが、従来蓄積されてきた歴史科学としての「科学史通史」や「学説史」の方法と成果の有効性は継承されなければならないし、むしろ発展させていく必要があるといえる。

〔論文の目的〕

さて、数学史、物理学史、化学史、生物学史…など個別科学に対応する歴史を学説史と呼んでいるわけであるが、個別学説史研究におけるもっとも基本的な課題は、その分野の基礎理論や基本概念の成立過程を明らかにすることである。そうした目的のために、個別学説史は学説（理論）の物質的基盤や社会的・経済的諸関係の仕方を捨象して描かれてきた。しかも物理学史を例に取れば、学説（理論）史はさらに力学史、天文学史、光学史、熱学史、電磁気学史…というように分野ごとに細分化されてしまっている。こうした学説（理論）史の細分化はその学問分野の分化と自立の過程に照応したものではあるが、細分化された個別学説（理論）史ではますます社会的・経済的諸関係から遠のいてしまわざるをえないばかりでなく、諸分野間の連関性さえ十分に描くことができないことがおきているのである。

本論文では、これまでの学説（理論）史ではほとんど語られることのなかった実験的研究の展開に注目することで、この学説（理論）史における限界を越えようとするものである。実験的研究に注目することで科学理論の展開過程を社会的・経済的諸関係と結びつけ、内的・外的と分ける科学史や STS、科学・技術と社会のインターフェース等の議論の歴史的陥穽を埋めようとする。そのために実験を中核として新たな方法論の構築を目指すものである。

〔論文の内容〕

第1章では上に述べた諸点を科学史方法論的な角度から整理し、課題を提示した。特に実験や実験機器・装置が自然科学研究にとってもっとも基本的な物質的基盤であると考えられるにもかかわらず、科学史研究の中では必ずしも十分な検討がなされてこなかった点を指摘した。その上で、自然科学の研究にとって実験や実験機器・装置がどのような意義をもっていたのか、そのこと自体がそもそも歴史的に検討されないまま、科学論、認識論の中で実験を一般的・抽象的に議論してきたことに異議を申し立てた。したがって実験や実験機器・装置等のもっていた意義・意味を歴史的経緯の実体に即して明らかにし、科学の歴史を単なる学説（理論）史としてではなく、様々な実験機器・装置の創出過程や累積的な実験の経験的過程を理論の展開と関係づけて検討し、歴史に即した「実験論」・「実験史論」を構築する必要性を強調した。

自然科学の社会的・経済的基盤としてもっとも注目されてきたのはその物質的基盤を構成する技術であり、科学と技術とは密接な連関を持っていることが指摘されて久しい。科学と技術とが密接に関わるのならなおのこと、19世紀の「世界の工場」イギリスでこそ科学が「繁栄」したと考えるのが常識的である。にもかかわらず、科学の発展の多くが基盤整備の遅れたドイツやフランスで見られたり、あるいは社会的・経済的基盤の異なる諸国で「同時的」な展開の仕方を見せた。

蒸気機関がもっとも早く普及するのはイギリスでありながら、蒸気機関との関係で最初の重要な「熱理論」を提出したのはフランスのカルノー（Sadi Carnot, 1796-1832）であった。またイギリスは繊維の漂白・染色との関連から酸・アルカリ工業をもっとも大規模に展開するが、その基礎となる無機化学理論の研究はフランスを中心に行われ、ソーダの工業的製造方法を開発したのもフランス人ルブラン（Nicolas Leblanc, 1742-1806）であったように、19世紀にあっては技術の飛躍的発展を引き出すような理論構築は、必ずしもその技術部門の工業化が進んでいた国とは限らず、また工業化の方法が開発された国で、その工業化の方法が実際の産業部門として大規模に展開されるとは限らないことを明らかにした。科学と技術の発達が一対一対応的でない状況が存在することの解釈として、科学に対する素朴な「普遍性」・「客観性」をあげることができるが、「普遍性」・「客観性」そのものを否定する議論もあり、「普遍性」・「客観性」の根拠となる実験的事実の意義を明らかにしておくべきことを主張した。

第2章では現代物理学の直接の起点となる19世紀物理学を欧米主要国における自然諸科学の全般的展開の中に位置づけ、当該時代の社会的枠組みが生産技術を介して実験機器・装置群の創出に大きく影響してくる点について論述した。

具体的には、19世紀科学研究の中心であった欧米主要国（イギリス、フランス、ドイツ、アメリカ）を取り上げ、統計的データを用い、19世紀における科学や技術の展開と各国の技術発達や工業

生産の展開との連関を考察した。また科学者の国際交流や共同研究の実態について概略を整理し、19世紀における自然諸科学の成立と社会的・経済的基盤の発展が必ずしも対応関係にないことを示した。

そのために、欧米主要国における工業化と新技術の登場を検討し、石炭採掘高、綿花消費高、銑鉄生産高の年次推移を基礎にいかなる相関関係があるのかを検討した。数え上げた新技術件数は全部で629件、部門別内訳は件数の多い順に機械147件、電気146件、交通138件、化学と鉱山99件であった。よく知られるように19世紀の技術開発の中心が機械、電気、交通部門にあったことを改めて確認した。これを全体で見ると、もっとも急激な増大を示すのは1870年代で、次いで1850年代であり、こうした技術力が工業生産高の伸びを可能にしたことは容易に想像される。なかでも機械と電気部門ではアメリカ、化学部門ではドイツの伸びが大きく、1880年代以降の両国における工業生産高の急激な伸びをこうした新技術が支えたことを確認した。実際に国別内訳でも、多い順に米182件、英160件、独112件、仏86件であり、工業生産高の割合で1890年に見られた順位がそのまま当てはまっていることが検出された。また1880年代をピークに新技術の登場件数は減少してはいるが、1880～1900年の時期における新技術の登場件数は、4カ国の合計を見ても212件、その前50年間の4カ国の合計件数244件に迫るもので、各国ともに産業革命期以前とは比較にならない技術開発力を有していたことが判明した。

またこの章では、科学を基礎にした技術の登場と工業化についての国別比較を示すとともに、19世紀自然科学確立の全体像を提起した。

そこで19世紀科学の全体像から抽出した問題意識の元に、第Ⅱ部では19世紀物理学の特徴を実験的研究から検討した。

第3章では「光学理論とその実験的研究の展開」を扱い、ヤング（Thomas Young, 1773–1829）の光学研究の過程を跡づけ、19世紀初頭に一挙に明らかにされてくる光の質的多様性の認識に注目し、ヤングの実験的研究の意義を再検討した。

ヤングの評価をめぐるのは①ニュートンの権威主義がじゃまをした。②新進評論家ブルームが酷評したことが致命的だった。③フレネルとちがい数学的でなかったために説得力に欠けた。④二次波が想定されず、回折の説明は十分ではなかった。⑤縦波だったので偏光が説明できなかった。⑥運動学的に扱える、光に固定された性質に限られていた等、これまで歴史家によって多くの議論がなされてきた。これらの議論はいずれもヤングの光学研究の全体を理解していないのみならず、ヤングがフレネルに直接影響を与えたことをも看過していることを指摘した。また従来の諸説はフレネルが確立した光の横波動論を前提にヤングの業績を評価しようとしたものであることを明らかにした。さらに当該時代にあって、光の波動論・粒子論という二項対立的な問題の立て方自体が問題

であり、光の本性をめぐる実験的研究の果たした意義を抽出し、諸説の欠陥を克服した。

そのために、従来あまり論じられてこなかった19世紀初頭の多様な光学研究の展開を跡付けてその意義を強調した。それは可視光線から不可視光線への研究領域の拡大であり、1800年にW.ハーシェル (Frederic William Herschel, 1738–1822) が太陽スペクトルの熱作用の研究から熱線 (赤外線) を発見し、翌年リッター (Johann Wilhelm Ritter, 1776–1810) がやはり太陽スペクトルの化学作用の研究から化学線 (紫外線) を発見したことにはじまり、1804年、ヤングは紫外線が可視光と同様に干渉してニュートン環をつくることを示し、赤外線も同様であることを示唆したこと。また1802年にウオラストン (William Hyde Wollaston, 1766–1828) が線スペクトルの存在を確認、1814年には Fraunhofer (Joseph von Fraunhofer, 1787–1826) が太陽スペクトル中に576本の暗線を発見し、回折格子を開発するなど、スペクトル分析の基礎が築かれたことを示した。このように光学研究における無数ともいえる新現象の継起的な認識が実験的研究を通じて明らかになったことを論じ、ヤングとフレネルの光学研究における問題視点の異質性と共通性について論述した。このことによって従来の光学史研究の難点を克服し得たと考える。

第4章では「熱学理論とその実験的研究の展開」を論じ、19世紀初頭の熱学の対象と実験に注目しつつ、カルノー (Sadi Carnot, 1796–1832) の業績の歴史的意味を再検討した。特に、熱素か熱運動かという二項対立的な問題の立て方の誤りを指摘しつつ、19世紀前半期の熱学の基本課題がどこにあったのか、カルノーの『考察』を再検討した。さらに、比熱・熱容量の測定と熱量保存則との関係、また気体の状態方程式と実験、気体の比熱測定と「膨張の潜熱」概念との関係について検討した。カルノーの業績の意義を理論と実験との関係で検討しなおし、熱学的な諸測定法・実験、技術 (熱機関) との関係を実験展開と関わらせてはじめて、二項対立的な議論や熱力学確立後からみる視点を克服することができることを示した。

特に蒸気機関の「仕事の原理」を明らかにしようとするカルノーの問題意識—技術的課題意識こそが理論展開の核心部分であったことを指摘し、従来の熱学史の弱点を克服し得たと考える。つまり、熱学と蒸気機関という科学と技術の関係ではあるが、物理学研究の単なる題材として蒸気機関があったのではなく、文字通り蒸気機関に関する機械学の原理を解明し、その上で物理学の法則の理解へと進もうとしていたとことを新たに抽出した。

第5章では「電磁気学理論とその実験的研究の展開」を論じた。

従来の電磁気学史における19世紀前半の主要なテーマは、アンペール (André Marie Ampère, 1775–1836 仏) やヴェーバー (Wilhelm Eduard Weber, 1804–1891 独) らによる「電気力学」の展開とファラデー (Michael Faraday, 1791–1867 英) からマクスウェル (James Clerk Max-

well, 1831-79 英) に至る電磁場理論の提出 (1864 年) までの道筋を、遠隔作用論と近接作用論という対立構造で理解しようとするものであった。熱学や光学は熱や光の本性としての物質像を内包する議論であったが、電磁気学的現象で対立した見方は必ずしもその本性をめぐるものではなかった。しかしニュートン力学に還元しようとする遠隔作用論と何らかの媒質を仮定する近接作用論とを対置させるという二項対立的な点で、光学史や熱学史と同様の構図をもった議論がなされてきた。また数学的素養のなかったファラデーは実験的研究に留まったが、数学的素養をもったマクスウェルによって近接作用論は数学的な理論体系にまとめ上げられたとして、近接作用論が遠隔作用論に取って代わる主要な要因を理論の「数学化」に求める議論が盛んである点でも第 3 章で述べたヤングとフレネル評価と同様の構図が存在していることを指摘した。

こうした歴史的整理は、理論展開の過程を体系的に理解することを容易にはするが、それは、今日から見てはじめて可能なものであって、必ずしも歴史的な状況がそうであったということを示すものではない。電流が磁気作用や化学作用、発熱・発光作用などをもつこと、また電磁誘導によって電流が得られることなど今日だれもがよく知る電磁現象は、当然ながら当該時代から自明だったわけではない。偶然あるいは理論的な予測のもとに行われたさまざまな実験によって認識されてきたものなのである。また電気力学理論から電磁場理論へと理論展開するためには、力学量に還元されない場の量とその関係を実験的に取り出す必要があったことはいうまでもない。その中で電磁現象の基本概念および本質的な関係を反映する量とは何かということ、そしてその量をいかにして数値化できるように測定するのかという問題が解決されてはじめていわゆる「数学化」も可能になったといえる。

こうした問題意識のもとに、19 世紀前半期の電磁気学研究の歴史的特徴を再検討した。ここでは遠隔作用論と近接作用論を対置させる代わりに、電磁気学研究における物質的基盤とくに実験や実験機器に注目した。19 世紀前半期の電磁気学研究は、どちらかと言えば実験的研究が先行して新たな現象が継起的に見いだされていた時期であり、18 世紀の「博物学」的な事実の収集のように、電磁気学的現象の収集が精力的に展開された時期であった。その際、18 世紀の「静電気学・静磁気学」的な実験機器が手がかりとなり、新たな実験機器・装置が創出され電磁気学的な知見が一挙に増大していくが、その知見及び実験装置・機器の展開は電気通信技術と並行的に進行し、電気素量の単位の制定、絶対単位の導入などへと発展したことを述べ、この経緯の中でファラデーやマクスウェルの業績が評価されるべきであることを指摘し、独自の評価を提起した。

第 6 章では「分光学的実験手段の発展とその意義」を論じた。

ここでは元素分析や天体の元素組成の同定に決定的役割を果たした分光分析について、キルヒホフ (Gustav Robert Kirchhoff, 1824-1887) の太陽スペクトル観測とハギンス (William Huggins,

1824-1910)の恒星スペクトル観測を取り上げ、観測(実験)装置と観測(実験)対象および理論との関わりを検討した。

よく知られているように光のスペクトル観測そのものはニュートンに始まってはいるが、本格的な研究は1820年代のフラウンホーファーによる太陽をはじめさまざまな光源のスペクトル線観測(実験)までまつことになる。しかし、キルヒホフの登場以前に実験室レベル(天体を対象とするレベルに対して、地上の物質を対象とするレベルの意)での化学分析としての分光学的方法がなかったわけではなく、分光学的研究は広く行われていた。ところが、スペクトル分析のもっとも基本的な観測(実験)装置である分光器の登場は、1860年代のキルヒホフによる太陽スペクトル研究までまたなければならなかったのである。ではなぜ分光器の登場は実験室レベルの元素分析の場面では登場せず、天体の元素分析に至ってはじめて登場したのかが問題となる。

従来、実験装置などは単なる「道具」で、はじめから所与のものとされ、実験とその装置の歴史はほとんど語られてはこなかった。実験装置の発達が実験精度やその適用範囲を拡大させ、理論の精緻化を招来するのは当然であるかのように思われてきたのである。そのためそもそも実験装置はどのようにして登場してくるのか、また実験装置の発達は理論の発展とどう関わり、どうやって新たな研究対象を捉えるのか、あるいは研究対象の違いは実験装置の発達にどのような影響を与えてきたのかなど、科学の物質的研究基盤を考えるうえで基本的ともいえる問題さえほとんど論じられてこなかった。ここでは上の問題視点に立ってキルヒホフとハギンスの研究を具体的に明らかにし、スペクトル分析装置出現の意義を論じることで、従来の混乱した議論を克服した。

第7章では「古典物理学の‘崩壊’と実験」について論じた。

19世紀の物理学は、マクロな物質の運動諸形態を対象としたもので、いわゆる「古典物理学」といわれる。しかしこの「古典物理学」のもとで、ミクロな物質の運動諸形態に由来する諸現象が立ち現れ、20世紀の初頭には原子、電子、原子核といった物質の階層的構造が認識されることになる。従来、この期の物理学史の課題は古典物理学から量子物理学への理論的飛躍ばかりが強調されてきた。ミクロな物質の運動諸形態の解明は、結果的には、「古典物理学」の基礎的な概念や原理に根本的な変革を迫って量子力学を生むことになるが、その理論的「革命」を可能にした物質的な基盤は、当然ながらこの「古典物理学」のもとで準備されたものである。ここではその一端をヘルツの電磁波研究と光電効果の研究およびキュリー夫妻による放射能の研究に焦点をあてて、その物質的基盤を明らかにした。

ヘルツが実験で見出した「紫外線が火花に及ぼす影響」は、今日からみれば「光電効果」であることは明らかなが、電子や原子構造の概念さえ未確立なこの時代に、ヘルツ自身が「光電効果」として理解し得るはずもない現象であった。量子論確立の脈絡の中で短絡的に判断することはでき

ない。そこでこの時代に物質のミクロな構造を不可避的に反映せざるを得ないようなエネルギーの相互転化性の現象が立ち現れてくること、しかもその多くは分光分析の手法を手がかりとしていたことを示し、そうした実験の一つとしてヘルツの実験そのものを再評価した。

この実験は、電磁波の検出という、理論的にはマクスウェル理論の「検証」という目的をもって行われた一連の実験から派生した「横道」の研究で、本来の共振振動とは異なる原因による火花発生について、その原因を解明するために行われた実験であったことを結論した。そして1845年に見いだされた電場による偏光面の回転（ファラデー効果）、1873年に見いだされた光によるセレンの電気抵抗の変化（光伝導・内部光電効果）と同様に、光と電気の相互作用を示す現象として理解すべきであることを指摘した。その意味でこの実験は、マクスウェル電磁気学の検証のみならず、それとは異なる新たな理論的課題をヘルツに認識させた。しかも一般の写真乾板で捕らえることのできない紫外線の存在を検出したこの実験は、スペクトル研究分野に新たな光源と検出器を提供した。そこでヘルツの実験を紫外線のスペクトル研究という実験の歴史に照らして検討し、電子スペクトル研究の端緒を拓き、19世紀末から20世紀初頭のミクロな物質の運動形態の解明に重要な研究手段を提供したことを明らかにした。

ついでP.キュリー（Pierre Curie, 1859-1906）とM.キュリー（Marie Curie, 1867-1934）による放射能の「発見」を取り上げた。放射能を「電気量の絶対値」として測定できる電気補償法実験の確立と、彼らの「放射能は元素に固有な特性である」という「確信」によってもたらされたことがこれまで西尾らによって指摘されてきた。しかし、放射能という固有な特性を有する物質そのものが、キュリーらの電気補償法実験によってはじめて明らかにされたのであり、「放射能は元素に固有な特性である」という「確信」の源泉はいったい何であったのか。また「電気量の絶対値」の測定を可能にした電気補償法実験はいかに確立されたのか。こうした問題が実験に照らして検討されない限り、先のキュリー評価も、結局のところはラザフォード（Ernest Rutherford, 1871-1937）による「放射性変換説」の提出（1903年）に先立つ放射能の一発見という域を出ないといえてよい。ここでは電気補償法実験を詳細に検討し、ミクロな物質の認識手段としての実験装置の役割及びその技術的基盤を明らかにした。

第8章「19世紀物理学と実験」では、これまでの議論をふまえて実験の基本的構成要素を検討し、それが自然認識の理論的活動（研究活動）とどのように関わるのかを考察し、19世紀物理学史が描くべき課題を論じ、これまでの議論をまとめた。

人類の自然認識が自然への意識的な働きかけによって得られてきたとすれば、その働きかけがもっとも系統的・組織的であった生産的实践行為が、結果として人類の豊かな自然認識を支えてきたと考えることができる。生産的实践は労働そのものであるが、労働という行為は労働主体が労働手

段をもって労働対象に働きかける行為である。知識の生産という意味でこの労働行為になぞらえて実験的研究活動を考えるとそれは、実験主体が、研究条件などの物質的基盤を前提条件にしながら、実験学に基づいて既存の実験手段や実験対象から目的に合ったものを取捨選択あるいは新たに装置を開発することで、研究目的に見合った「認識手段」（実験手段と実験対象）を構成し、実験を行うことによって目的の物質や現象あるいは自然の情報を獲得するための一連の活動といえることができる。そして実験は、認識の対象である自然を、実験手段と相互作用が可能な形に加工あるいはコントロールし、実験対象として実験手段の中に取り込み、その相互作用を通して実験対象の運動形態をコントロールあるいは他の運動形態へと転換することで、実験対象の情報を理解可能な情報に転換して引き出し、それを実験主体に提供するものといえる。

こうした実験とその理論化の積み重ねが自然科学的活動の内容であり、実験と理論が一体となって得られた自然認識の体系が自然科学であることを示し、実験・理論・技術の相関モデルを描いた。さらにこのモデルに照らしてこれまでの議論を整理し、従来の19世紀物理学史の問題点を明らかにし、個別学説史のなかで実験的研究活動を具体的に論じる意義と重要性を考察した。

そして、実験と理論とが関係し合っはじめて自然認識の深化が可能となること、こうした過程の結果として自然科学の内容が構成されること、自然科学の体系自体はさらに上位にある思想的・文化的なもの（科学思想・自然観など）と、研究者の思考を通して関連づけられること、また研究者は社会のシステムの一員であり、研究活動を通して社会的活動にリンクしているので、活動自体が社会的・経済的では政治的な影響をも受けることを論じた。そして対概念のように理解されがちな理論的活動と実験的活動だが、理論と実験は一体のものであり、これらを総合した見地こそが自然科学的活動であることを明らかにした。とはいえ実験は、理論とは相対的に独立した物質群すなわち認識手段をその構成要素にもっていることから、認識手段を構成する様々な装置・機器群の体系を「実験技術」として、自然科学とは相対的に独立した「認識手段の体系」として取り出して検討する必要があることを主張した。

以上のように、本論文では、現代物理学の出発点でもある19世紀物理学の歴史を構成する上で、具体的に実験や実験技術を検討することの重要性を指摘した。しかし、具体的に取り上げることのできた問題は物理学史のなかのほんの一部にすぎない。したがって第Ⅰ部で指摘した課題のなかで、実際に提示し得たのは、先に整理したように個別学説史の方法として実験を具体的に組み込むための素描にすぎない。それでも各章で明らかにした歴史的経緯のほかに、以下の諸点を明らかにし得たものと考ええる。

1. 個別分野史においても科学者の自然に対する見方や解釈だけでなく、客観的な存在である研究対象や研究方法についての具体的な検討が行われる必要があること。
2. それによって、これまでの二項対立的な見方や今日的な視点からの誤った歴史評価に陥るこ

となく、時代に即した評価が可能になること。

3. 特に、これまで学説（理論）史では結びつけることのできなかった科学と技術との関係が、科学理論の展開との関係でとらえられること。

4. またこれまで学説史では有機的に位置づけることのできなかった科学と技術との関係を、実験を媒介に、理論がどのように展開するのか、その実験が技術とどのように関連しているのかを通して、その関係性の一面を抽出し得たこと。

5. 実験対象である光、熱、電磁気…や実験手段である温度計、光源、電源、分光器…等々を媒介することによって、物理学諸分野の個別学説間の連関性を明示し、総体としての物理学の特徴を理解してはじめて物理学史と言い得ること。

6. また、理論物理学者、実験物理学者といわれる研究活動の分化が、実験技術の自立過程との関係で明らかにしうること。

7. そして何よりも、上述の方法により、自然がもつ豊かな内容を描くことができること。

ただし、こうした諸点を相互に結びつけて、国際的で動的な科学研究の展開像を描くことは今後の課題としたい。

論文審査結果の要旨

本論文は科学史研究上、従来、ほとんど取り上げられてこなかった実験及び実験手段・実験対象を学説史の中にいかに位置づけ記述するかを追求したきわめて意欲的で斬新な研究である。具体的には19世紀の光学史、熱学史、電磁気学史、分光学史（スペクトル元素分析）、光電効果及び放射能の研究を取り上げ、それぞれの学説史の中で歴史評価が分かれている問題（論争となっている問題）を論じている。歴史評価が分かれる理由の一つには実験及び実験手段・実験対象を学説史の中に十分に位置づけてこなかったことによるとして、従来の学説史の思想史的な分析視点の難点を示し、当該時代の学説の展開に実験及び実験手段・実験対象がどのように関わったかを実証的に示しその難点克服の方途を論じたものである。

本論文では問題の所在で提起された研究の意図が必ずしも十分に展開されていないとする指摘があり、また使用されている用語の定義、例えば社会的経済的基盤、技術的基盤、物質的基盤などが不明確でわかりにくいとする指摘もなされた。

しかし、3章～7章で示された分析は実証的で論証も見るべきものがあり、またこのような研究は先例も少なく、従来の個別学説史の限界を克服する具体的方法と課題を提起したものと高く評価しうるもので、上述の弱点を補うに十分であると評価する結論に至った。

これにより、研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示しており、よって、本論文は、博士（国際文化）の学位論文として合格と認める。